

Impedanzmodell einer Lithium-Ionen-Batterie

Institut für
Technische Thermodynamik

Johannes Sattler¹, Miriam Klein¹, Norbert Wagner¹, Kaspar Andreas Friedrich¹

1) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart
Korrespondenz an: Johannes.Sattler@dlr.de

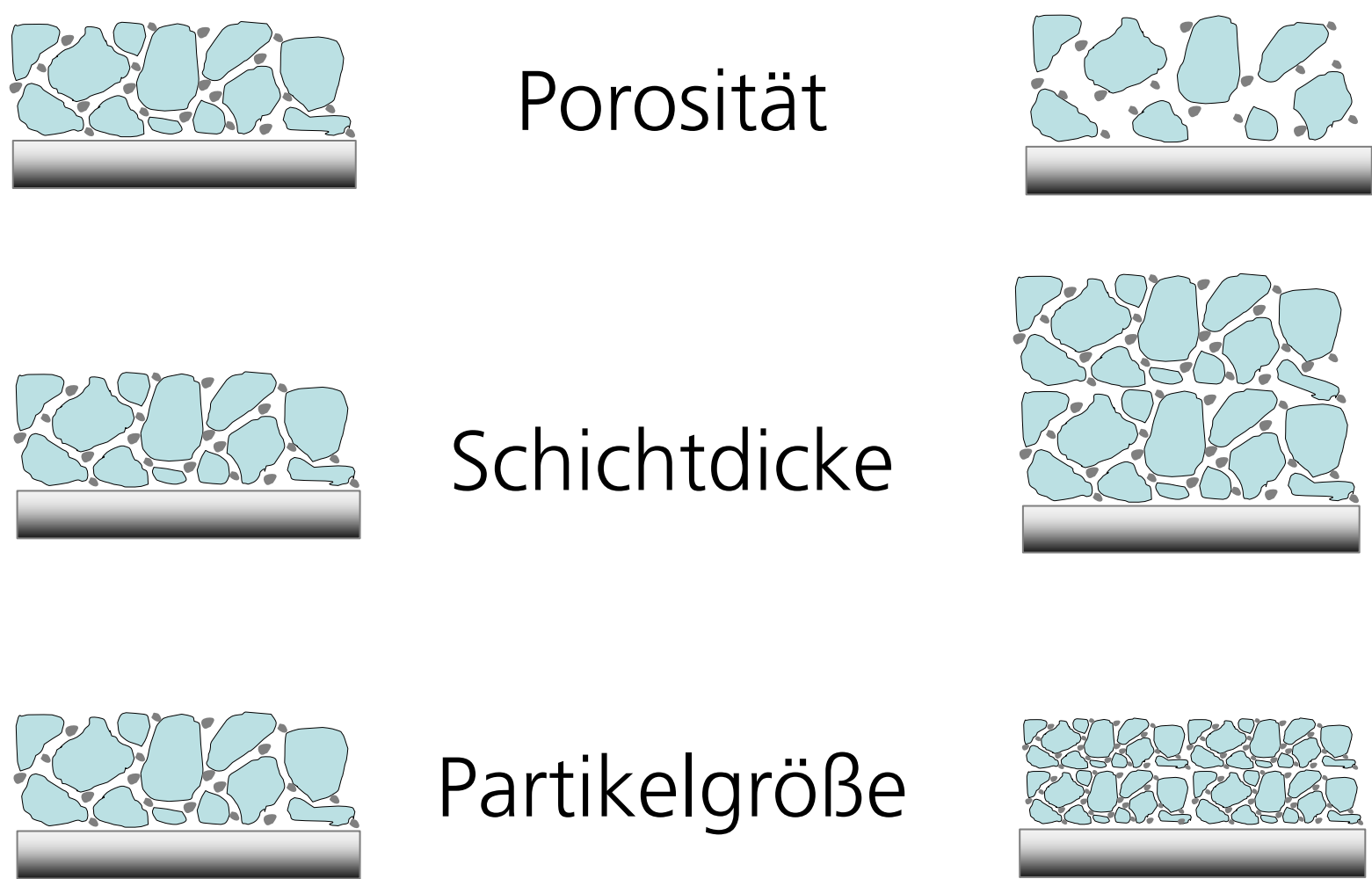
Einleitung

Mittels elektrochemischer Impedanzspektroskopie (EIS) lassen sich Rückschlüsse auf physikalische Prozesse ziehen, die während des Ladens bzw. Entladens innerhalb einer Lithium-Ionen-Batterie auftreten. Dabei handelt es sich um Verlustmechanismen welche in einem elektrochemischen Ersatzschaltbild (Impedanzmodell) zum besseren Verständnis zusammengefasst werden können. In dieser Arbeit wurden Versuchsreihen durchgeführt, um die Zuordnung der einzelnen physikalischen Prozesse bewerten zu können und somit ein Impedanzmodell zu validieren. Mit den Versuchsreihen wurde das Impedanzverhalten bei verschiedenen Zustands- und Zellparametern untersucht. Variiert wurden bei den Zustandsparametern der Ladezustand und die Zelltemperatur. Bei den Zellparametern wurde der Einfluss der Elektroden Dicke und deren Porosität sowie der Einfluss verschiedener Elektrodenmaterialien und Elektrolyte untersucht.

Variation der Elektrodenstruktur

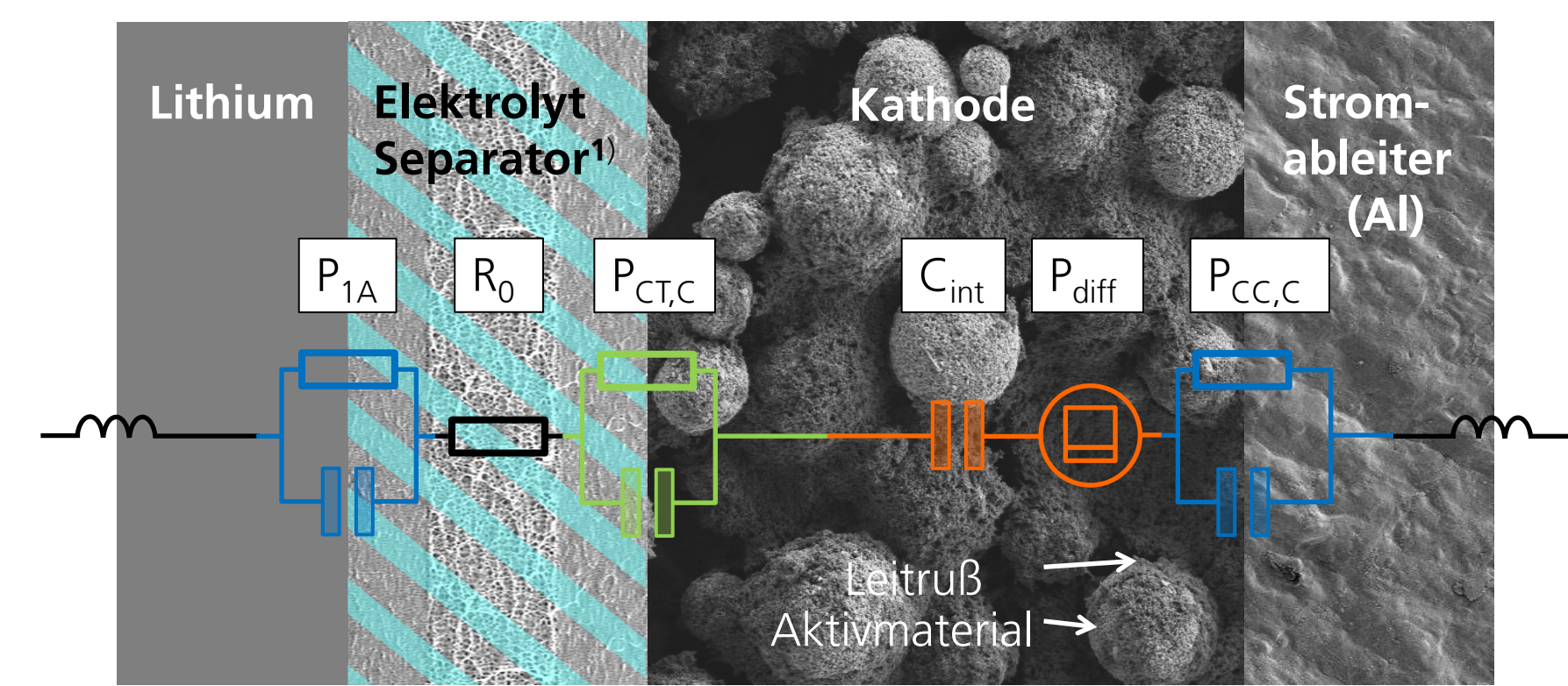
Elektrodenauswahl für Halbzellentests mit Li-Gegenelektrode

NMC=Nickel-Mangan-Cobalt, NEP=N-Ethyl-2-pyrrolidon, NMP=N-Methylpyrrolidon

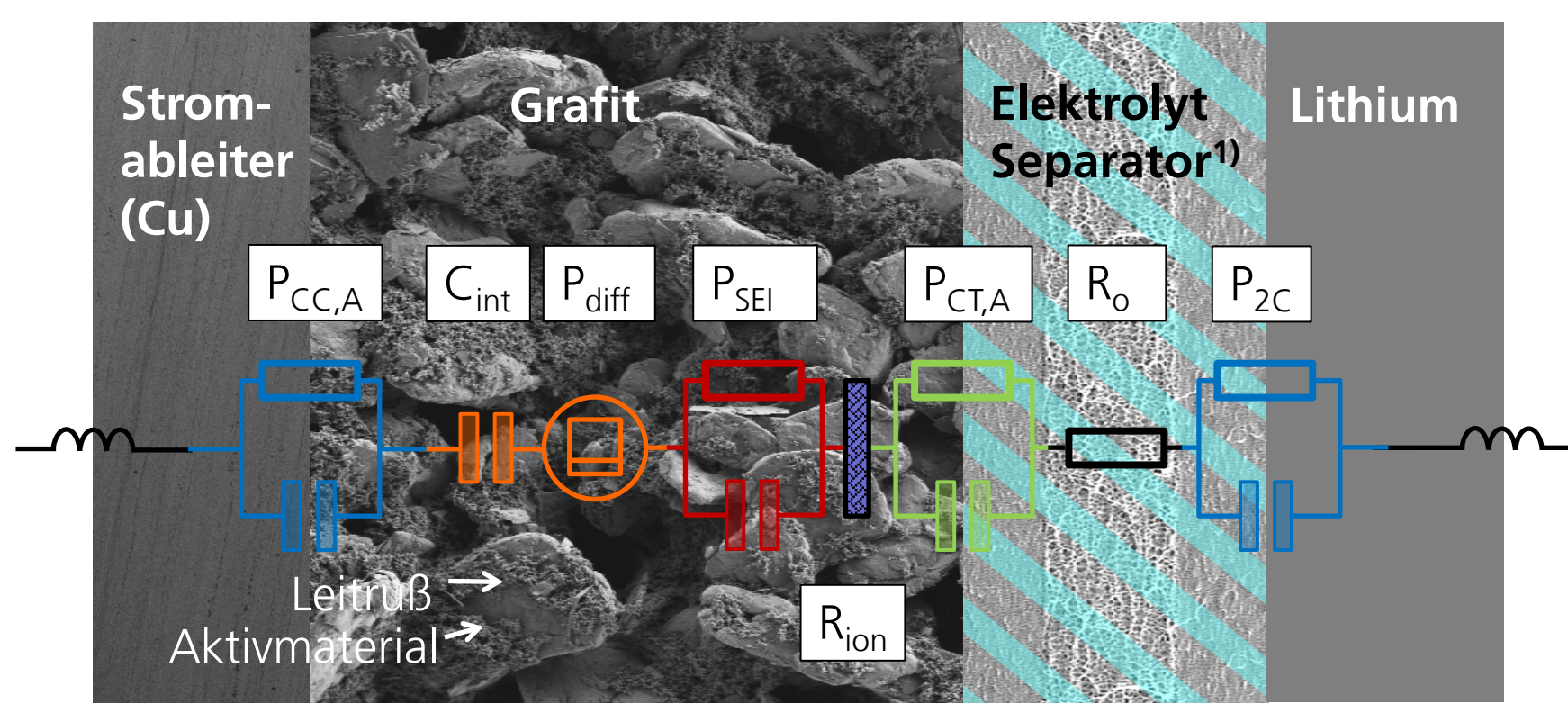


Aktivmaterial (AM)	AM-Anteil %	Lösemittel	Flächenbelegung mg/cm ²	Substratdicke µm	Dichte g/cm ³
Grafit	94	H ₂ O	6,6 – 8,8	50 – 65	1,1 – 1,6
Grafit	98	H ₂ O	7,8 – 11,1	50 – 106	1,1 – 1,9
NMC	93	NEP	18,4 – 22,1	61 – 76	2,88 – 3,0
NMC	93	NMP	19,5 – 21,7	61,3 – 68	3,2

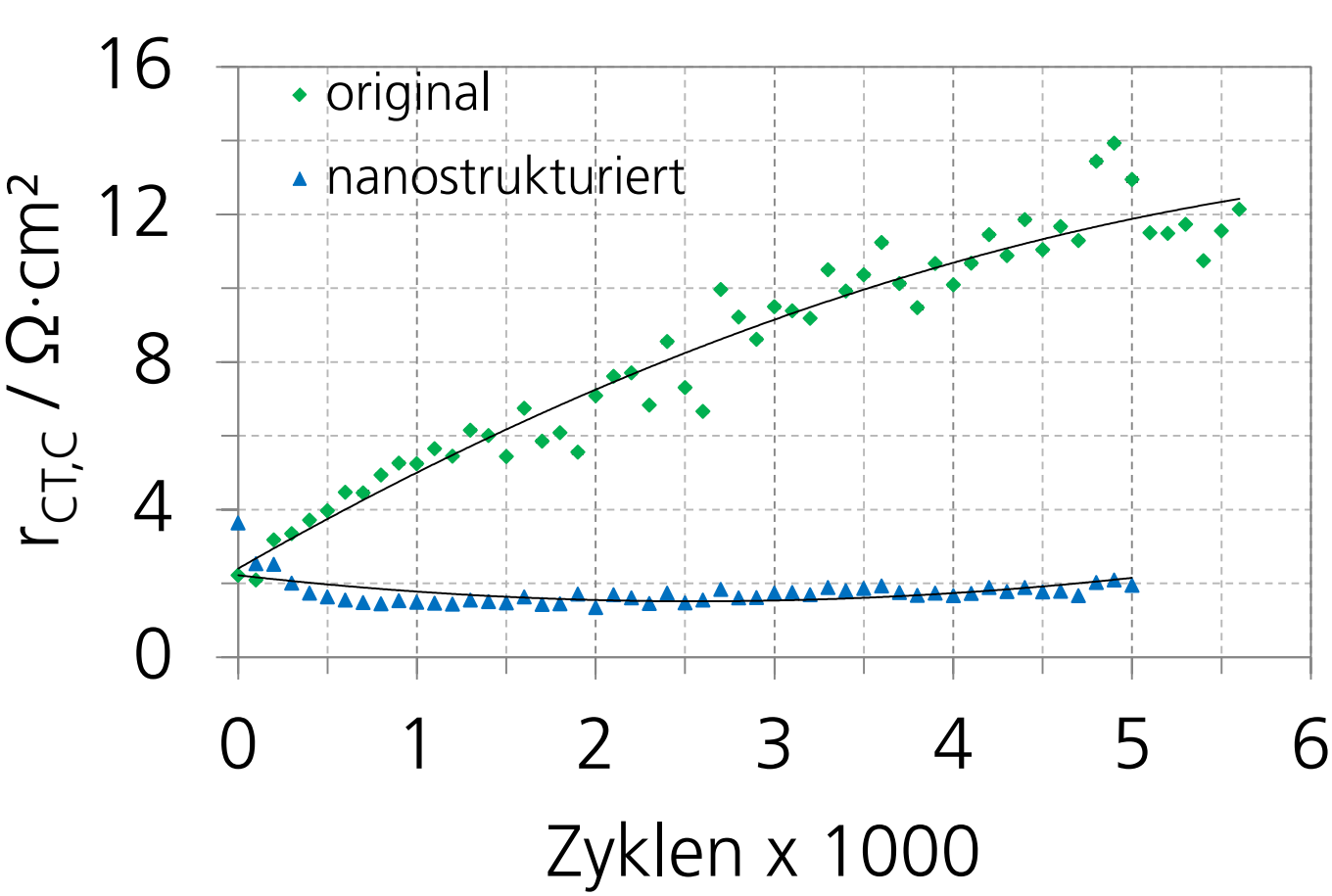
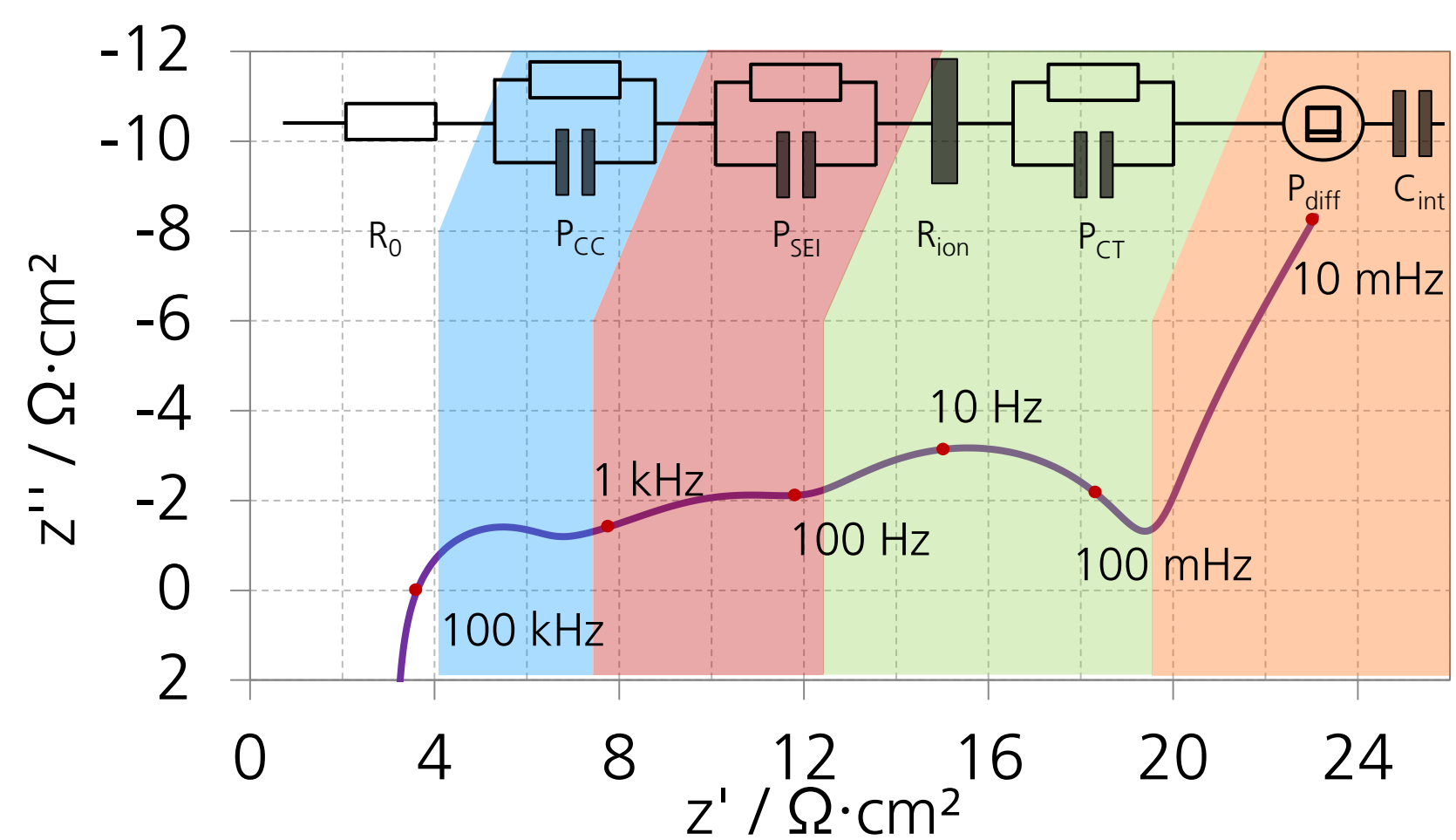
Halbzellschema für Kathodenmaterialien



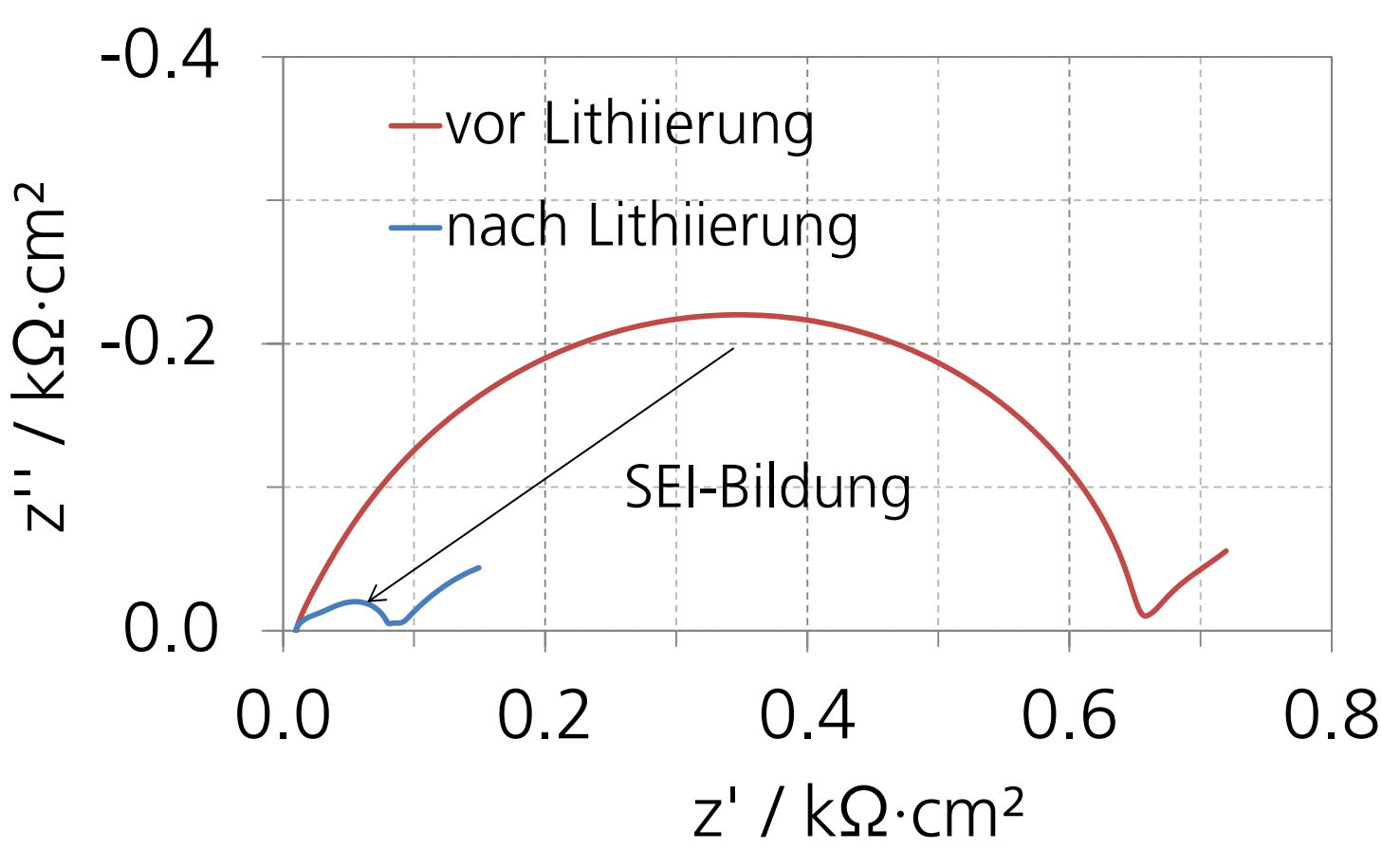
Halbzellschema für Anodenmaterialien



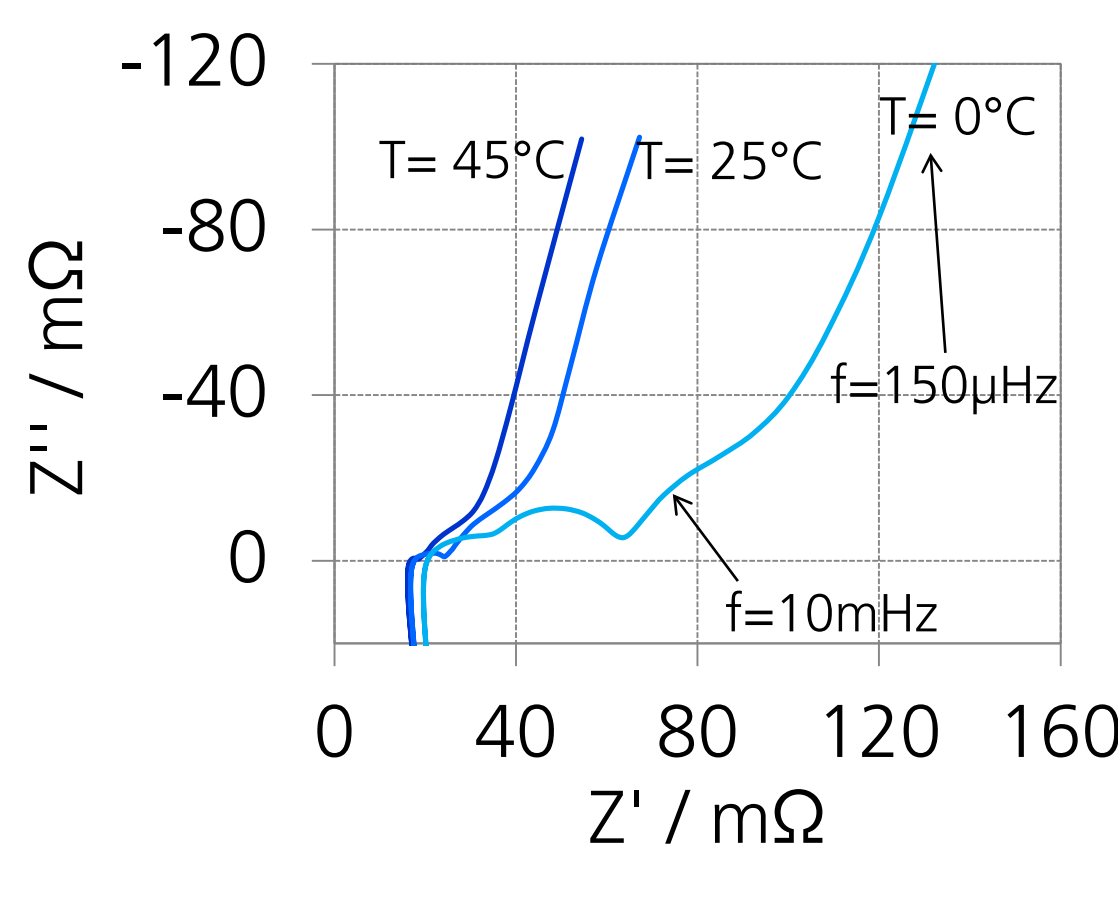
Vollzellenmessung mit Zuordnung im Nyquistdiagramm



- Degradationsverlauf von Vollzellen mit unterschiedlich großen Kathodenpartikeln zur Identifikation des Ladungstransfer $P_{CT,C}$



- Impedanzmessung vor und nach Lithiierung zur Identifikation der SEI-Bildung



- Identifikation der Diffusion und Interkalation bei tiefen Frequenzen

Prozesszuordnung

- R_0 : Elektrolyt
- P_{CC} : Elektronische Kontaktierung
- P_{SEI} : SEI
- R_{ion} : Porenstruktur der Elektrode
- P_{CT} : Ladungstransfer zwischen Elektrolyt und Elektrode
- P_{diff} : Finite Diffusion
- C_{int} : Interkalation

Zusammenfassung

- Mit den gezeigten Messungen lassen sich die Prozesse bezüglich Ladungstransfer aus Elektrolyt in die Kathode, SEI sowie Diffusion und Interkalation im Ersatzschaltbild identifizieren.
- Weitere Messungen bzw. Untersuchungen an Halbzellen sind in Arbeit